

非同期検波方式による楽器音の基本周波数推定に関する研究

Research on Fundamental Frequency Estimation of Instrument Sounds
using Asynchronous Detection Technique

三堀 二知加¹⁾, 山川 拓真¹⁾

指導教員 三輪 賢一郎

1) サレジオ工業高等専門学校 生産システム工学専攻 情報コミュニケーション研究室

キーワード: F0 推定, 非同期検波, 楽器音, 雑音

1. 緒言

基本周波数(F0)は音の根幹となる周波数成分である。F0 推定法については数多くの推定法が提案されてきたが、実環境では雑音や残響の影響から対象音の波形が複雑に歪んでしまうことから、雑音や残響下における F0 を正確に推定することは容易ではない。雑音と残響の両方に頑健な AM 復調による手法 (FreeDAM[1]) も提案されているが、同期検波方式を用いていることから計算量や推定精度の面で課題がある。そこで筆者らは一昨年度より、非同期検波技術を用いた、雑音や残響にロバストで、かつ計算量が少ない F0 推定法 (FreeDAM Lite) を検討し、改良を重ねてきた[2]。

本稿では、同手法が実際の楽器音に対して有効であるか、低音域と高音域のグループに分けて検討する。最終的には FreeDAM Lite を音声に適用していく予定であるが、今回はその準備段階としてまずは楽器音で検証することとした。

2. F0 推定法「FreeDAM Lite」

2. 1. 概念

提案手法は、ヒトのピッチ知覚メカニズムと AM 復調技術を F0 推定に応用した方法である。ヒトの聴覚は F0 の欠落した倍音列を聴くと、欠けている F0 が知覚される Missing Fundamental (ミッシング・ファンダメンタル) と呼ばれる現象が起きる。これは 480, 540, 600[Hz] の 3 本の倍音列をヒトに聞かせたとき、存在しないはずの F0 である 60[Hz]

をヒトは知覚できるということである。この現象は AM の復調技術に非常に似ており、AM 復調技術を使えばヒトのピッチ知覚を計算機上で実現できると考えられる。

2. 2. FreeDAM Lite の原理

FreeDAM Lite は入力信号から帯域通過フィルタにより抽出された隣り合う 3 本の調波からなる AM 信号を非同期検波により復調する。その復調波形から自己相関処理を用いて周期を特定し、F0 を推定する。改良を施した FreeDAM Lite では、観測する調波を 1 組から 8 組に増やすことで分析のための情報を拡大して推定精度を高めている[2]。さらに雑音除去を行うことで耐雑音性も向上している。

3. 評価実験

3. 1. 実験方法

本研究では、FreeDAM Lite を MATLAB 上で実装し、弦楽器、木管楽器、金管楽器の 3 種類を代表する楽器として、低音域ではピアノ (Piano)、ファゴット (Fg)、チューバ (Tuba)、高音域ではピアノ (Piano)、オーボエ (Ob)、トランペット (Tp) の 5 種類の楽器音を対象に、雑音環境におけるその F0 推定精度についてシミュレーションにより検証した。雑音環境は 10 種類の白色雑音を用意し、それぞれの推定結果の平均値を評価した。

表 1 に本研究で使用した音源の一覧を示す。なお今回の音源は、アイオワ大学の Web サイトで公開されているものを使用した[3]。使用した楽器音

は、ピッチが一定のF0の変動がほとんど無い音源であり、うち0.1秒間を分析区間とした。

評価指標は、許容誤差を5%以内とした正答率を用いた。併せて、FreeDAM Lite を評価するにあたり、従来法である SWIPE 法[4]との比較を行った。

3. 2. 評価結果

低音域における提案法(FreeDAM Lite)、従来法(SWIPE 法)の評価結果をそれぞれ図1, 図2に示す。同様に、高音域における評価結果をそれぞれ図3, 図4に示す。図1, 図2より、FreeDAM Liteは低音楽器においてSWIPE法と比較して正答率で上回っていることが分かる。Pianoでは-5dBにおいて3倍以上の正答率の差があり、Fgにおいても6倍以上の正答率の差があるということが見て取れる。Tubaにおいても非常に正確な推定が行えており、FreeDAM Liteは-10dB以外すべて100%の正答率を示している。図3, 図4より、高音域のPianoでは0dBの正答率は従来法に劣るものの、-5, -10dBでは従来法を上回っており、ObとTpにおいても全体的に従来法より高い正答率を示している。このことから高音楽器においても低音楽器に次いで正確な推定が行えることが確認された。

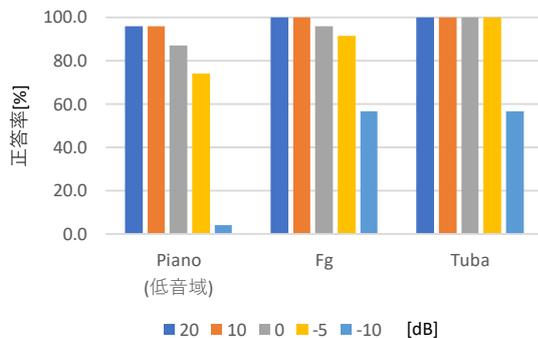


図1. FreeDAM Lite の正答率 (低音域)

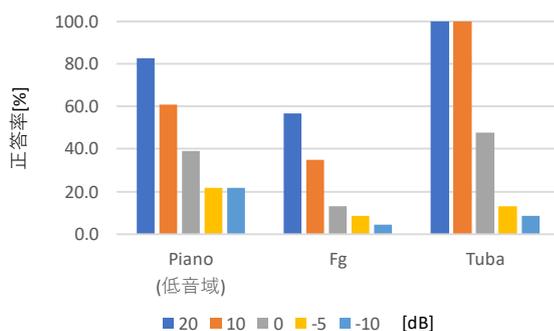


図2. SWIPE の正答率 (低音域)

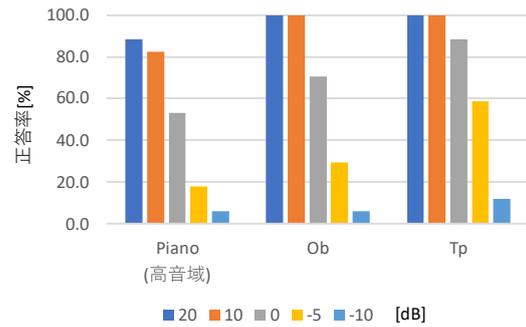


図3. FreeDAM Lite の正答率 (高音域)

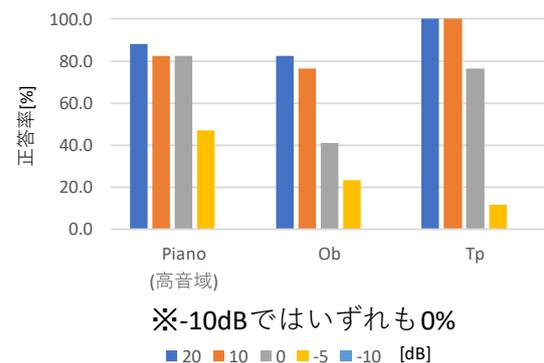


図4. SWIPE の正答率 (高音域)。

4. 結言

FreeDAM Liteは、雑音環境においても楽器音に対して従来法を上回る精度でF0推定を行えることが確認された。

今後は、残響環境での検証に加え、FreeDAM Liteを音声に拡張するための検討を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 三輪賢一郎, “振幅変調音のピッチ知覚に基づいた調波複合音の基本周波数推定法”, 電子情報通信学会論文, vol. J98-A No. 12 pp. 668-679
- [2] 山川拓真, 三輪賢一郎, “雑音あるいは残響に頑健な基本周波数推定法の研究”, 音学シンポジウム2023, 信学技報, vol. 123, no. 88, SP2023-14, pp. 68--72, 2023年6月
- [3] University of Iowa Electronic Music Studios, Musical Instrument Samples, <https://theremin.music.uiowa.edu/MIS.html> (参照2022/7/11)
- [4] Camocho, A., Harris, J. G. “A sawtooth waveform inspired pitch estimator for speech and music,” J. Acoust. Soc. Am., vol. 124, no. 3, pp. 1638-1652, 2008.